

# 小麦粉中の水溶性成分がパンの品質に及ぼす影響

山川敬恵, 館 和彦

家政学部健康栄養学科

(2010年9月24日受理)

## Effect of Water-soluble Components of Wheat Flour on Bread Quality

Department of Health and Nutrition, Faculty of Home Economics,  
Gifu Women's University, 80 Taromaru, Gifu, Japan (〒501-2592)

YAMAKAWA Yukie and TACHI Kazuhiko

(Received September 24, 2010)

### I. 緒言

小麦粉には多くの成分が含まれるが、水に対する溶解性によって水溶性成分と不溶性成分に大きく分けることができる。水溶性成分には、水溶性たんぱく質のアルブミン、水溶性ペントサン、親水基を有する糖脂質やリン脂質などがある。一方、不溶性成分にはグリアジンやグルテニン、デンプン、遊離脂質などがある。グリアジンとグルテニンは結合によってグルテンを形成し、このグルテンの特性が製パン性に大きく影響する。すなわちグルテンが粘弾性と伸展性のある緻密な網目構造であれば、発酵中に発生する二酸化炭素の保持力が高く、膨らみのある、やわらかいパンとなる。また、デンプンは小麦粉中に最も多く存在する成分であり、製造中に膨潤、糊化、老化といった変化がおこるため、パンの構造や品質に直接的に影響を及ぼしている。一方、水溶性成分のアルブミンはグルテン形成の本体ではないが、SH基の供給源としてグルテンの性質に影響を及ぼしているとの報告がある<sup>1)</sup>。アルブミンの作用によってグルテン形成の増加が考えられるが、詳しい作用

やパンの品質に及ぼす影響は報告はされていない。また、ペントサンは小麦粉中におよそ2~3%含まれ、水溶性と不溶性に分類され、特性が大きく異なることが報告されている。水溶性ペントサンは、粘着性や吸水性が高く、グルテンの伸展性を増大させるが、不溶性ペントサンは、逆に伸展性を減少させ、デンプンの老化を促進させるなどのマイナス作用が報告されている<sup>2),3),4)</sup>。

そこで、本研究では水溶性成分に含まれるアルブミンや水溶性ペントザンが、間接的にグルテンの特性を向上させていることに着目し、小麦粉に5~20%の水溶性成分を添加して作製した食パンの品質および嗜好性を調べることとした。

### II. 実験方法

#### 1. 水溶性画分の抽出

小麦粉は西尾製粉(株)製の強力粉(商品名:紫ローズ)を用いた。強力粉に2倍量の蒸留水を加え、30分間攪拌した後、遠心分離(1000rpm, 30分間)にかけ、得られた上清と沈殿物をそれぞれ凍結乾燥して、水溶性画

分と不溶性画分を得た。また小麦粉に対するそれぞれの収率を求めた。

## 2. 水溶性画分の成分分析

強力粉および水溶性画分、不溶性画分の成分組成を調べるため、灰分は直接灰化法、水分は赤外線水分計、たんぱく質はケルダール法、脂質はソックスレー抽出法にて分析し、炭水化物は差し引き法にて算出した。また、たんぱく質の成分割合を溶解度差抽出<sup>5)</sup>によって分析した。すなわち蒸留水によって抽出される画分をアルブミン画分、0.05M-NaClによってグロブリン画分、70%エタノールによってグリアジン画分、0.1M酢酸+3M尿素によって抽出される画分をグルテニン画分とし、Lowry法にてそれぞれの抽出量を求めた。さらに、オルシノール法を用いて、水溶性ペントサン量と不溶性ペントサン量を求めた<sup>6)</sup>。

## 3. パンの調製法

250g, ドライイースト (日清フーズ, スーパーカメラ) 2.4g, 上白糖 15g, 食塩 3.8g, 脱脂粉乳 5g, ショートニング 7.5g, 水 162.5g とした。製パン方法は、自動ホームベーカリー (エムケー精工(株)製, HB-100) を用い、食パン標準コース (ねり・ねかし・発酵・焼成の合計時間が4時間, 直捏法) にて山形食パンを作製した。この基本材料配合で焼成されるパンを水溶性画分0%パンとした。また、強力粉に対して水溶性画分を5% (添加量 12.5g), 10% (添加量 25g), 20% (添加量 50g) を添加したパンを同様に作製した。焼成後、パンは25℃で1時間放冷し、各種試験に供した。

## 4. パンの体積・比容積

パンの体積は、焼成放冷後のパンを切断せ

ずにそのまま菜種置換法<sup>7)</sup>で測定した。比容積はパン体積 (ml) を重量 (g) で除して算出した。

## 5. パンの水分測定

パン中心部分の細片試料5gを赤外線水分計 (㈱ケット科学研究所FD-610) にて、水分を測定した。

## 6. 物性の測定

テクスチャー測定用試料としてパンの中心部 (クラム) から縦・横・高さが20×20×20mmを切り出し、クリープメーター (山電(株)製, RE-3305) を用いてテクスチャー測定 (硬さ・凝集性) を行った。測定条件はプランジャー: 直径30mmの円筒型, 圧縮率: 60%, スピード: 1mm/sとした。測定は5個のパンについて試料片を8個取り出し、合計40個の試料を用いて行った。

## 7. 色調の測定

色調の測定は、測色色差計 (日本電色工業(株)製, ZE-6000) を用い、パンの外側部 (クラスト) と中心部 (クラム) から切り出した試料片 (外相と内相) について測定した。解析はハンターの表色法で行った。ハンターの表色法はL値 (明度), a値 (赤色度), b値 (黄色度) で表色される。さらにW (白色度) については次の式により算出した。

$$W(\text{白色度}) = 100 - \sqrt{(100-L)^2 + (a^2 + b^2)}$$

## 8. 官能評価

官能検査は水溶性画分0%パンと5%, 10%, 20%添加パンの中心部から切り出した試料片 (縦・横・高さが40×40×10mm) を官能試験に供した。パネラーは岐阜女子大学4年次の女子大生20名とした。調査項目は色、

香り, きめ, 香り, 軟らかさ, しっとり感, 味, 総合評価の項目について順位法によって嗜好の評価を行い, クレーマーの検定表8)により検定を行った。

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. 水溶性成分の成分組成

強力粉に蒸留水を加え, 攪拌・遠心分離・上清の凍結乾燥を行って得られる水溶性成分は, 強力粉を100とすると4.2%の収率で, 極めて少ない結果であった。成分組成を表1に示した。たんぱく質量は28.0%, 灰分量は4.3%であり, 元の強力粉と比べると, 大きな値を示した。一方, 不溶性成分の収率は79.1%と非常に高く, 成分組成では, 元の小麦粉と比べて, 大きな違いは見られなかった。

次に, 水溶性成分から溶解度差によってたんぱく質を抽出し, それぞれの画分の抽出量を表2に示した。水溶性成分には, グロブリン画分はわずかに含まれるが, アルブミン画分が主成分であることがわかった。また, グルテン形成に必要なグリアジンとグルテニン画分は全く含まれていなかった。オルシノール法によるペントサン量の測定を表3に示し

た。小麦粉中に2.0%含まれ, その内水溶性ペントサン量は0.7%であったが, 水溶性成分中に含まれるペントサン量は12.9%と多く, その内の90%が水溶性であった。

以上の分析結果より, 蒸留水によって抽出される水溶性成分は, 元の小麦粉と比べてたんぱく質が多く, 主成分はアルブミン, またペントサンも多く, 水溶性のペントサンがほとんどあることがわかった。

#### 2. パンの形状

パンの体積, 比容積, 水分測定の結果を図2, および図3に示した。パンの体積は, 水溶性成分の添加割合が増加するにつれて大きくなった。10%添加したパンでは, 小麦粉だけのパンと比較して, およそ1.2倍の体積となり, 20%添加したパンの体積が最も大きくなった。比容積も体積と同様に, 水溶性成分の添加割合の増加で大きな値を示した。このことから, 水溶性成分は, パン体積を増加させる効果を有することが示された。著者らは, これまでの研究で, 水溶性成分の添加はグルテンの伸展性を良くし, 弾力性を低下させることをエクステンソグラフで調べており, この効果がパンにした場合には, パンの膨らみに影響したと考えた。アルブミンたん

表1 小麦粉・水溶性成分・不溶性成分の収率ならびに成分組成

	収率*	水分	炭水化物	たんぱく質	脂質	灰分
小麦粉	100.0	15.0	71.1	12.3	1.1	0.6
水溶性成分	4.2	12.6	54.1	28.0	1.0	4.3
不溶性成分	79.1	10.2	77.0	11.7	0.8	0.3

※収率は小麦粉量を100として抽出された割合を表す。

表2 溶解度差によるたんぱく質成分の抽出量

	(g/試料100g)			
	アルブミン画分	グロブリン画分	グリアジン画分	グルテニン画分
小麦粉	2.9	0.8	2.7	2.8
水溶性成分	20.5	0.7	0.0	0.0
不溶性成分	3.8	0.4	2.1	4.4

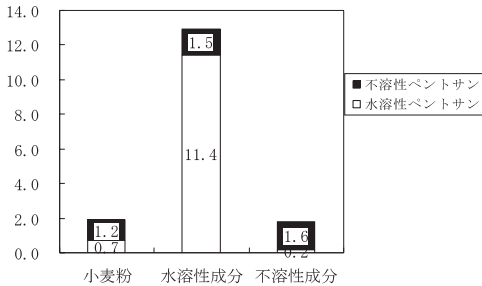


図1 小麦粉・水溶性成分・不溶性成分のペントサン量

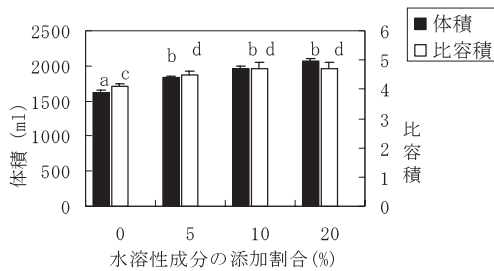


図2 パンの体積・比容積測定結果

値は5個のパンの平均値±標準偏差を示す  
異なるアルファベットは $p < 0.05$ で有意に差があることを示す

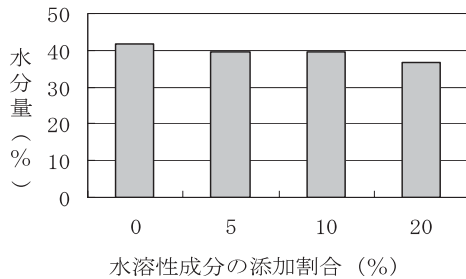


図3 パンの水分測定結果

ばく質は、グルテン形成の本体ではないが、添加量が増えることでSH基の供給も増えるため、グリアジンとグルテニンの分子内あるいは分子間のSH-SS交換反応が促進され、グルテン量も増えると推測した。アルブミンだけでなく、水溶性ペントサンの有する粘着性や保水性もグルテンの改質とパンの膨らみに影響を及ぼすと考えられる<sup>9),10)</sup>。

焼成後のパンの水分値は、水溶性成分の添加によって減少した。これは全体の粉量が増加しているのに対し、加水量が一定あったためだと考えられ、今後は加水量によるパン体積の変化や、水溶性成分の添加量に適する加水量の調整についても検討していく必要があると考えられる。

### 3. 物性の測定

作製したパンのクラム部分の硬さと凝集性をそれぞれ図4および図5に示した。小麦粉だけのパンの硬さと凝集性の値は、 $4.49 \times 10^3 \text{Pa}$ と0.80であった。クラムの硬さは、水溶性成分の添加量が増加するにつれて減少する傾向がみられ、10%添加で $3.09 \times 10^3 \text{Pa}$ の値となり、有意に軟らかくなることがわかった。これは水溶性成分の添加によるグルテン

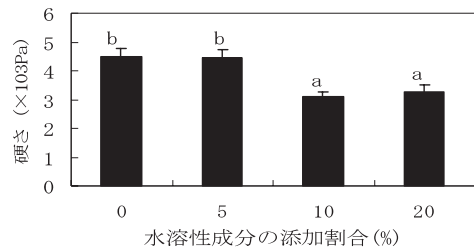


図4 パンのクラムの硬さ

値は5個のパンの平均値±標準偏差を示す  
異なるアルファベットは $p < 0.05$ で有意に差があることを示す

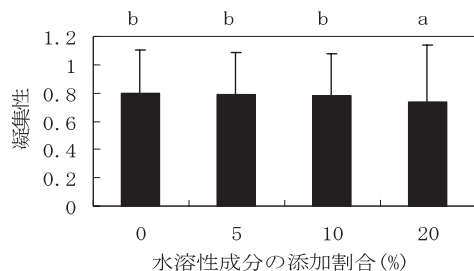


図5 パンのクラムの凝集性

値は5個のパンの平均値±標準偏差を示す  
異なるアルファベットは $p < 0.05$ で有意に差があることを示す

の改質によるものと考えられ、伸展性の増加と弾力性の低下から軟らかさが増したと推測した。

パン生地凝集性は水溶性成分の添加量が増加するにつれて減少し、20%添加で0.74の値となり、有意に低下した。凝集性はグルテンやデンプン、副材料など、パン生地を構成する成分間の内部的結合力を表しており、水溶性粉の添加は、粉量が増加したことで結合力が弱くなったと推察した<sup>11)</sup>。また、今回は、加水量の調整をしなかったため、水分値が生地中に少なかったことも凝集性が低下した要因になったと推測した。

#### 4. 色調の測定

パンのクラムとクラストの色調結果を表3に示した。クラムにおいては、水溶性成分の添加量が増すにつれて、a値（赤色度）が有意に増すことがわかった。また、L値（明度）とb値（黄色度）とW（白色度）は小さくな

る傾向が見られたことより、水溶性成分では、たんぱく質や灰分量が多いため、色に影響を及ぼしたと考えた。

一方、クラストでも、水溶性成分の添加量の増加で、a値（赤色度）が有意に大きくなり、L値（明度）も10%添加以上で有意に小さくなった。このことは、水溶性成分の添加割合が増えると、たんぱく質量が増加するため、糖と結合する割合が増加し、メイラード反応がより起こったと推測した<sup>12)</sup>。そのため、クラストは赤く、濃い焼き色になったと思われる。

#### 5. 官能評価

女子大生をパネルとして、順位法で官能評価を行った結果を表4に示した。小麦粉パンと水溶性成分を5%、10%、20%添加した4種類のパンの結果について、クレーマーの検定表より嗜好の有意差を判定した。

「色」、「香り」については、水溶性成分の

表3 パンのクラムとクラストの色調測定結果

水溶性成分の添加割合(%)	L (明度)	a (赤色度)	b (黄色度)	W (白色度)
0 (クラム)	79.6 ± 3.2	-0.1 ± 0.0	19.8 ± 0.6	71.6
5 ( ク )	79.0 ± 2.8	0.2 ± 0.0*	20.0 ± 0.5	71.0
10 ( ク )	78.3 ± 3.1	0.4 ± 0.0*	19.4 ± 0.5	70.9
20 ( ク )	77.8 ± 2.6	0.5 ± 0.1*	19.2 ± 0.6	70.7
0 (クラスト)	59.3 ± 2.9	16.1 ± 0.3	34.1 ± 1.2	44.5
5 ( ク )	55.7 ± 2.3	17.7 ± 0.2*	34.0 ± 1.3	41.4
10 ( ク )	52.0 ± 3.0*	17.8 ± 0.2*	32.7 ± 1.0	39.3
20 ( ク )	51.3 ± 2.8*	19.8 ± 0.3*	32.8 ± 1.1	38.0

\*はp<0.05で有意な差があることを示す。

表4 パンの官能検査結果

水溶性成分の添加割合(%)	色	きめ	香り	軟らかさ	しっとり感	味	総合評価
0	45	33 <sup>▲</sup>	49	29 <sup>▲</sup>	32 <sup>▲</sup>	38 <sup>▲</sup>	38 <sup>▲</sup>
5	61 <sup>○</sup>	46	50	54	52	52	52
10	41	59	52	61 <sup>○</sup>	62 <sup>○</sup>	59	59
20	53	62 <sup>○</sup>	49	56	54	51	51

○：p<0.05有意に好まれる

▲：p<0.05有意に好まれない

添加の影響はみられなかった。クラムの色調検査では赤味が増すことが示されたが、官能検査では「色」についての有意差はなかった。

しかし、パンの、「軟らかさ」、「しっとり感」の項目については、水溶性成分を10%添加したパンにおいて、5%危険率で有意に好まれた。20%添加した場合には、10%添加パンよりも評価が低い結果となり、添加が多すぎても評価が下がることがわかった。また、これらの項目については、普段食している小麦粉だけのパンの評価が、有意に好まれない結果となったことより、水溶性成分の添加パンは、高い品質を有したパンであると言ってよいであろう。「味」、「総合評価」についても有意差はないものの10%添加のパンが最も好まれる結果となった。

#### IV 要約

強力粉から抽出した水溶性成分の成分分析を行い、また水溶性成分を添加したパンの体積、物性、色調、嗜好性に及ぼす影響を検討し、以下の結果を得た。

(1) 強力粉から抽出した水溶性成分の収率は4.2%で、元的小麦粉と比較して、たんばく質が多く、主成分はアルブミンであった。また、ペントサンも多く含まれ、水溶性ペントサンがほとんどであった。

(2) パンの体積は、水溶性成分の添加割合が増加するにつれて大きくなり、10%添加では、小麦粉だけのパンよりも1.2倍の体積となった。これはアルブミンやペントサンの有する特性が、グルテン改質とパンの膨らみに影響を及ぼしたと推測した。

(3) パンのクラムの硬さと凝集性は、水溶性成分の添加割合の増加によって、どちらも低下した。

(4) クラムの色調は、水溶性成分の添加割合の増加によって、a値(赤色度)が有意に増加し、L値(明度)とW値(白色度)も減少する傾向が見られた。一方クラストの色調は、水溶性成分の添加割合の増加によってL値が減少し、a値の赤色度が増加したことより、焼き色が濃くなることがわかった。

(5) 水溶性成分を10%添加したパンは、「軟らかさ」「しっとり感」の項目において5%の危険率で有意に好まれ、「味」「総合評価」でも最も好まれた。普段食している小麦粉だけのパンは、逆に有意に好まれなかったことより、水溶性成分の添加パンは高品質のパンであることが示された。

#### 参考文献

- 1) 山内文男：食品タンパク質の科学—化学性質と食品特性—, (株)食品資材研究会, 1984年, pp86
- 2) 長尾精一：小麦の科学, (株)朝倉書店, 初版, 2006年, pp93-99
- 3) 田中康夫, 松本博：製パンの科学(II) 製パン材料の科学, 光琳, 初版, 1991年, 40-48
- 4) 橋本俊二郎：小麦粉のペントサンと吸水性, 中村学園研究紀要, 23, 1991年, 139-144
- 5) 館和彦：小麦たんばく質の製麺特性, 岐阜大学生物資源利用学専攻学位論文, (1994), pp90
- 6) 橋本俊二郎, 日野明日香, 山口雄治, 甲斐達男：小麦粉のペントサンと吸水性, 中村学園研究紀要, 31, 1999年, 157-162
- 7) 大羽和子, 川端晶子：調理科学実験, 学建書院, 2003年, pp12-13
- 8) 大羽和子, 川端晶子：調理科学実験, 学建書院, 2003年, pp98-99
- 9) 山内文男：食品タンパク質の科学—化学性質と食品特性—, (株)食品資材研究会, 1984年, pp99



- 10) 吉野精一:パン「こつ」の科学, 柴田書店, 1994年, pp161
- 11) 松本幸雄, 山野善正:食品の物性第I, (株)食品資材研究所, 初版, 1991年, pp104
- 12) 田中康夫, 松本博:製パンの科学(II)製パン材料の科学, 光琳, 初版, 1991年, 224